

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Rec'd PCT/PTO 18 JAN 2005

10/501529

REC'D 20 MAR 2003

WIPO

PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



PCT/EP03/237

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 01 108.7

Anmeldetag: 15. Januar 2002

Anmelder/Inhaber: SMS Demag AG, Düsseldorf/DE

Bezeichnung: Verfahren zur pyrometallurgischen Behandlung von Metallen, Metallschmelzen und/oder Schlacken sowie eine Injektorvorrichtung

IPC: C 21 C, F 23 D, B 01 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Joachim

Waasmaier

11. JAN. 2002

SMS Demag Aktiengesellschaft

39844 / 08.01.2002

Verfahren zur pyrometallurgischen Behandlung von Metallen, Metallschmelzen und/oder Schlacken sowie eine Injektorvorrichtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur pyrometallurgischen Behandlung von Metallen, Metallschmelzen und/oder Schlacken in einem metallurgischen Aggregat bzw. Schmelzgefäß, insbesondere zum Auf-/Einblasen von sauerstoffreichen Gasen und/oder kohlenstoffhaltigen Stoffen in einem Elektrolichtbogenofen (Electric Arc Furnace, EAF) mit Hilfe einer Injektorvorrichtung, die die sauerstoffreichen Gase auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und in der fallweise den sauerstoffreichen Gasen die kohlenstoffhaltigen Stoffe, vorzugsweise Partikeln zugemischt werden und aus der der Hochgeschwindigkeitsstrahl, durch einen umgebenden gasförmigen Mantel geschützt, zur pyrometallurgischen Behandlung verwendet wird.

Bekannt sind Injektorvorrichtungen für fluide und partikelförmige Stoffe zum Einsatz in industriellen Aggregaten, vorzugsweise zur pyrometallurgischen Behandlung von Metallen und Metallschmelzen, insbesondere in Elektrolichtbogenöfen zum Auf-/Einblasen von sauerstoffreichen Gasen und/oder kohlenstoffhaltigen Partikeln in und/oder auf eine Schlacken/Schaum Schlackenschicht eines Elektrolichtbogenofens zum Schäumen der Schlacke und/oder zum Auf-/Einblasen von sauerstoffreichen Gasen in und/oder auf die unterhalb der Schlacken-/Schaum Schlackenschicht befindliche Metallschmelze zu ihrer Entkohlung. Dabei bewirkt die Injektorvorrichtung, dass die sauerstoffreichen Gase mittels einer Düse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und fallweise den sauerstoffreichen Gasen die kohlenstoffhaltigen Partikeln zugemischt werden.

Das Einschmelzen fester Einsatzstoffe wie beispielsweise Schrott oder Eisenschwamm in Elektrolichtbogenöfen erfordert große Energiemengen (ca. 550 bis 750 kWh/t Rohstahl). Zur Senkung des Elektroenergiebedarfs sowie zur Verkürzung der Schmelzzeit wird zusätzlich chemische Energie (z. B. Erdgas oder Kohle) eingesetzt. Zur Gewährleistung hoher Reaktionstemperaturen erfolgt deren Verbrennung zumeist mit technisch reinem Sauerstoff. Hierdurch wird gleichzeitig die zu behandelnde spezifische Abgasmenge gegenüber der Verwendung von Luft deutlich verringert. Während bestimmter Phasen des Schmelzprozesses erfolgt das Einblasen von Sauerstoff und/oder von Primärenergieträgern (z. B. Erdgas) zur Unterstützung bzw. Beschleunigung der Schrotterwärmung und Schrottniederschmelzung. Die Reaktion erfolgt oberhalb der Schmelze, bevorzugt in direktem Kontakt mit dem einzuschmelzenden Feststoff. Die Zugabe des Erdgases und des Sauerstoffs erfolgt dabei über spezielle Brenner in der Ofenwand oder mittels wassergekühlter Lanzen.

Eine weitere Phase bei der pyrometallurgischen Behandlung ist die Schaumslaggenphase. Die Schaumslagge soll die Ofenwände während der Flachbadphase gegen die Lichtbogenstrahlung abschirmen, um Überhitzungen der Wandbereiche zu vermeiden, die elektrische Leistungsabnahme des Lichtbogens zu vermindern und durch Verminderung der Strahlungsverluste insgesamt eine hohe Energieeffizienz zu ermöglichen. Zur Bildung von Schaumslaggen werden gleichzeitig feinkörnige Kohlenstoffträger und Sauerstoff bevorzugt in die Grenzschicht zwischen Schlacke und Metall eingeblasen.

Die Zugabe der Kohlenstoffträger erfolgt vorzugsweise in den Bereich der Grenzschicht zwischen Metallschmelze und Schlacke (teilweise auch unter die Oberfläche der Metallschmelze). Als Trägergas werden bevorzugt Pressluft, Stickstoff, aber auch gasförmige Kohlenwasserstoffe verwendet.

Das Eindüsen von Sauerstoff erfolgt vorzugsweise in den Bereich der Grenzschicht zwischen Metallschmelze und Schlacke zur partiellen Oxidation des eingedüsten Kohlenstoffs sowie zur Entkohlung der Metallschmelze. Bei der partiellen Oxidation des im Kohlenstoffträger enthaltenen Kohlenstoffs entsteht gasförmiges Kohlenmonoxid (CO). Das CO entweicht aus der Schlacke in Form von Gasblasen. Dies bewirkt ein Aufschäumen der Schlacke. Die Schaumslagge verbessert die Energieausnutzung und verringert die Belastung der feuerfesten Ausmauerung des Elektrolichtbogenofens. Das CO kann durch gesonderte Zugaben weiterer Oxidantien intern oder extern nachverbrannt werden.

Die Zugabe von Kohlenstoffträgern, Sauerstoff und weiteren Oxidantien erfolgt kombiniert oder getrennt über

- a) spezielle Injektor-/Düsenvorrichtungen in der Ofenwand
- b) gekühlte Lanzen durch die Tür/die Ofenwand/den Deckel
- c) ungekühlte Lanzen durch die Tür /die Ofenwand/den Deckel.
- d) Unterbaddüsensysteme.

Die für die beschriebenen Aufgaben verwendeten Vorrichtungen und Verfahren weisen insbesondere folgende Nachteile auf:

Bei der Gas-/Feststoffeindüsung über eine gemeinsame Injektorvorrichtungen müssen die oben genannten Funktionalitäten in einer Einheit integriert werden. Die während der einzelnen Prozessschritte einzudüsenden Komponenten stellen unterschiedliche und teilweise einander widersprechende Anforderungen an das zugehörige Injektorsystem (Strömungsgeschwindigkeit, Ort der Eindüsung, Mischungs-/Ausbrandverhalten, Eintrag in die Schmelze etc.) dar. Daher werden die Einheiten entweder sehr groß oder es müssen Kompromisslösungen realisiert werden.

Aus der EP 0 964 065 A1 ist eine aus zwei Bauteilen bestehende Injektorvorrichtung bekannt, bei der ein Bauteil als Überschallsauerstoffinjektor und der andere Bauteil als Kohleinjektor fungiert. Die Achsen der beiden Bauteile sind so ausgerichtet, dass sich die beiden erzeugten Strahlen oberhalb des Badspiegels schneiden. Um eine weitgehende Fokussierung des jeweils zentralen Sauerstoff- bzw. Kohlenstrahls zu gewährleisten, werden diese mit einem Erdgasstrahl umhüllt, der aus einem um die zentrale Düsenöffnung angeordneten Düsenring austritt.

In der US 5,904,895 wird eine wassergekühlte Injektorvorrichtung beschrieben mit einer Verbrennungskammer zur Erzeugung einer Hochgeschwindigkeitsflamme zum Niederschmelzen der vor der Verbrennungskammer befindlichen Feststoffe. Mit fortschreitender Einschmelzdauer können feindisperse Feststoffe, beispielsweise Kohle sowie zusätzlicher Sauerstoff mit Hochgeschwindigkeit in den Elektrolichtbogenofen eingebracht werden, wobei der Feststoff seitlich dem bereits beschleunigten Sauerstoffstrahl zugemischt wird. Hierbei wird sowohl der Feststoffstrahl als auch der Hochgeschwindigkeitssauerstoffstrahl durch einen sie umgebenden Flammenmantel geschützt.

In der EP 0 866 138 A1 wird eine Methode zum Eindüsen von Gasen (z. B. Sauerstoff und Erdgas) in eine Schmelze beschrieben. Hierbei wird der zentral aus einem Injektor austretende Sauerstoff mit einer LAVAL-Düse auf Überschall beschleunigt. Damit der Strahl seinen Austrittsimpuls möglichst lange aufrecht erhält, wird er durch einen ihn (vollständig) umhüllenden Flammenmantel geschützt. Der Flammenmantel entsteht bei der Verbrennung des aus einem um die LAVAL-Düse konzentrischen Ringspaltes bzw. Düsenrings austretenden Erdgases mit Sauerstoff. Der Sauerstoff wird über einen außerhalb des Erdgas-Ringes konzentrisch angeordneten zweiten Ringspalt bzw. Düsenring zugeführt.

Die EP 1 092 785 A1 beschreibt eine Injektorvorrichtung, welche auf dem Prinzip der EP 0 866 138 A1 beruht und zusätzlich noch die Eindüsung partikelförmiger

Feststoffe erlaubt. Die Zugabe des Feststoffes erfolgt dabei ebenso wie die Sauerstoffzugabe innerhalb des Flammenmantels.

Die EP 0 848 795 beschreibt ein Verfahren zur Verbrennung von Brennstoff sowie einen dazugehörigen Brenner. Als Brennstoffe werden sowohl Erdgas als auch partikelförmige Feststoffe verwendet. Hierbei werden in einen zylinderförmigen bzw. sich schwach kegelförmig in Strahlrichtung erweiternden Sauerstoff-Hauptstrahl mehrere windschief zur zentralen Längsachse gerichtete Erdgasstrahlen geblasen. Der Hauptstrahl wird durch eine LAVAL-Düse auf Überschall beschleunigt. Die Brennstoffstrahlen umgeben den Hauptstrahl und dringen erst stromabwärts in diesen ein. Im Innern des Hauptstrahles wird durch ein Zentralrohr ein zweiter Brennstoffstrahl gebildet, mit dem Erdgas oder Feststoff in den Hauptstrahl nach dessen Beschleunigung eingedüst wird.

Um bei Injektorvorrichtungen die Ausweitung der Strahlen möglichst auf einer längeren Wegstrecke zu unterdrücken, werden die erzeugten Strahlen vielfach mit einem Flammenmantel umgeben, der üblicherweise durch Verbrennung von Erdgas erzeugt wird. Der Flammenmantel bewirkt den Nachteil eines unerwünschten Impulsverlustes des zentralen Gasstrahls, da die Strömungsgeschwindigkeiten der Mantelstrahlen wesentlich geringer als die des zentralen Gasstrahls sind. Außerdem erfordert diese Maßnahme einen zusätzlichen Stoffeinsatz und damit höhere Energiekosten. Dieses ist aus prozesstechnischer Sicht weitgehend unnötig und streckenweise auch ineffektiv.

Ausgehend von diesem bekannten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Injektorvorrichtung zu entwickeln und ein Arbeitsverfahren anzugeben, mit dem es möglich ist, die Länge eines frei in den Innenraum eines metallurgischen Aggregats ausströmenden sauerstoffreichen Gases und seine Eindringtiefe in eine vorhandene Schlackenschicht zu maximieren. Hierbei sollen insbesondere

die Nachteile bekannter Einrichtungen für den gemeinsamen Einsatz von Sauerstoff und Feststoff bei unterschiedlichen Betriebszuständen, nämlich

- hoher spezifischer Energieeinsatz
- erforderliche Manipulationen bzw. mehrere Öffnungen im metallurgischen Aggregat
- komplizierter Aufbau

weitgehend vermieden werden.

Die gestellte Aufgabe wird verfahrensmäßig mit einer Injektorvorrichtung der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Maßnahmen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass der gasförmige Mantel ein Heißgas ist, das dem zentralen Hochgeschwindigkeitsstrahl so zugeführt wird, dass die Relativgeschwindigkeit und der Impulsaustausch zwischen dem zentralen Hochgeschwindigkeitsstrahl und dem Heißgasmantelstrahl minimiert wird (quasi isokinetische Zuführung).

Eine Injektorvorrichtung zur Durchführung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch die Merkmale des Anspruchs 17 gekennzeichnet. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den zugeordneten Unteransprüchen angegeben.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren, den zentralen sauerstoffreichen Gasstrahl mit einem Heißgas mit möglichst geringem Impulsverlust zu ummanteln, wird mit Vorteil eine Maximierung der Länge und der Eindringtiefe des Gasstrahls in die oberhalb der Metallschmelze befindliche Schlackenschicht zur Erzeugung einer intensiven Durchmischung und Bewegung sowie eine Verbesserung der Eindüsung partikelförmiger Feststoffe, beispielsweise Kohlenstoffträger, Stäube oder Zuschlagstoffe erreicht.

Hierzu wird der zentrale Gasstrahl über einen Sauerstoffinjektor (ein längeres Rohr mit einer LAVAL-Düse) geführt und auf eine Geschwindigkeit zwischen 300 bis 850 m/s beschleunigt und im Gegensatz zu den bekannten Lösungen mit einem Mantelstrahl aus Heißgas umhüllt. Das Heißgas wird dabei durch externe Verbrennung in einem Heißgaserzeuger, beispielsweise von Erdgas mit Luft in einem handelsüblichen Hochgeschwindigkeitsbrenner, durch Rezirkulation heißer Ofenabgase mittels eines separaten Hochtemperaturverdichters oder durch Kombination beider Maßnahmen bereitgestellt.

Sofern die Heißgaserzeugung durch externe Reaktion eines Brennstoffes mit einem Oxidator erfolgt, wird hierzu ein Oxidator mit Sauerstoffgehalten von 10 bis 100 Vol.-%, vorzugsweise 21 Vol.-%, verwendet. Der Oxidationsvorgang wird in jedem Fall überstöchiometrisch betrieben. Die Luftzahl im Heißgaserzeuger wird zwischen 1,05 und 2,0 (vorzugsweise 1,3 - 1,5) eingestellt. Der Oxidator kann auf Temperaturen zwischen 50 °C und 600 °C vorgewärmt werden (vorzugsweise zwischen 200 °C und 400 °C). Die Vorwärmung kann extern oder innerhalb der Injektorvorrichtung erfolgen. Vorzugsweise wird die Vorwärmung des Oxidators in das Kühlsystem der Injektorvorrichtung integriert bzw. ist wesentlicher Bestandteil desselben.

Die Temperatur des Heißgases beträgt bei Eintritt in den Injektorbrenner zwischen 300 bis 1800 °C. In diesem Temperaturbereich ist die Schallgeschwindigkeit des Heißgases infolge der zugrunde liegenden thermodynamischen Zusammenhänge wesentlich höher als die des kalten Zentralstrahls. Damit wird die Austrittsgeschwindigkeit des Heißgases bereits mit einer einfachen Düse in den Bereich der Strömungsgeschwindigkeit des Zentralstrahls angehoben.

Zur Temperaturregelung ist es gemäß der Erfindung möglich, dem Heißgas vor seiner Beschleunigung Wasser zuzudüsen. Hierdurch ist eine schnelle und exakte

Temperaturführung gewährleistet. Außerdem wirkt sich der erhöhte Wasserdampfanteil positiv auf die Reaktionsatmosphäre im Ofenraum aus.

Die Injektorvorrichtung der Erfindung besteht in modularem Aufbau aus einem längeren Rohr mit einer LAVAL-Düse, dem Sauerstoffinjektor für die Beschleunigung der sauerstoffreichen Gase, deren Austrittsbereich von einer Ringspalt Düse oder einer ähnlichen konstruktiven Lösung mit vergleichbarer Wirkung für den Durchtritt der Heißgase umgeben ist. Zum Zwecke der Fokussierung und um die Strömungsverhältnisse in der Austrittsebene zu verbessern, ist der Austrittsbereich beider Gase durch eine Heißgashülse verlängert.

Zur Eindüsung partikelförmiger Stoffe ist zentral im Sauerstoffinjektor ein Additivinjektor in Form eines zusätzlichen coaxialen Rohres mit einer Austrittsöffnung angeordnet. Der Additivinjektor ist axial verschiebbar. Die Austrittsebene B des Additivinjektors kann hierbei sowohl vor, in als auch hinter dem Eintrittsquerschnitt des Konfusors der LAVAL-Düse des Sauerstoffinjektors positioniert werden (Betrachtung jeweils in Strömungsrichtung). Die Positionierung der Austrittsöffnung des Additivinjektors innerhalb des Sauerstoffinjektors kann durch axiale Verschiebung des Additivinjektors oder des Sauerstoffinjektors oder durch eine Kombination erfolgen. Die Austrittsöffnung des Additivinjektors kann als einfache Mündung oder als Düse ausgeführt sein. Vorzugsweise wird die Austrittsöffnung des Additivinjektors vor der LAVAL-Düse des Sauerstoffinjektors positioniert, so dass die partikelförmigen Stoffe gemeinsam mit dem sauerstoffreichen Gas durch die LAVAL-Düse beschleunigt werden.

Wegen der hohen Verschleißbelastung durch partikelförmige Stoffe ist die Austrittsöffnung des Additivinjektors zweckmäßigerweise aus einem verschleißfesten Material gefertigt. Zum Schutz der äußeren Hülle des Sauerstoffinjektors kann diese mit einer keramischen Schutzschicht versehen oder mit einem keramischen Schutzrohr umgeben werden.

Es ist aber auch möglich, andere nicht partikelförmige Stoffe durch diesen Additivinjektor in den sauerstoffreichen Gasstrahl einzudüsen, beispielsweise gasförmige Brennstoffe, wie Erdgas oder flüssige Brennstoffe wie Öle. Zur Anpassung an die speziellen Erfordernisse der jeweiligen Brennstoffart sind deshalb unterschiedliche Ausführungen des Additivinjektors erforderlich. Daher ist dieser durch eine geeignete konstruktive Ausbildung schnell und mit nur geringem Aufwand an die jeweiligen Prozesserfordernisse anpassbar und beispielsweise mit einer auswechselbaren Austrittsdüse versehen und mit geeigneten Zusatzeinrichtungen manuell oder automatisch axial verschiebbar ausgebildet.

Die Injektorvorrichtung zur Gas- und Feststoffeindüsung der Erfindung ist modular aufgebaut. Die einzelnen Baugruppen sind auf einer gemeinsamen Trägereinheit montiert, die fest in der Wand des metallurgischen Aggregats angeordnet ist. Hierdurch wird unerwünschter Eintritt von Umgebungsluft in das Ofengefäß als auch das gefährliche Austreten von Reaktionsgasen in die Umgebung sicher verhindert.

Die Injektorvorrichtung ist universell für die Zugabe aller während der einzelnen Phasen der metallurgischen Behandlung jeweils notwendigen Stoffe (Sauerstoff, Sauerstoffträger, Zusatzstoffe etc.) in der jeweils erforderlichen Qualität und Quantität verwendbar durch die Ausbildung aus robusten, konstruktiv einfachen Komponenten. Dies garantiert einen geringen Wartungs- und Installationsaufwand und ermöglicht im Bedarfsfall ein schnelles Auswechseln einzelner Bauteile auch bei laufendem Ofenbetrieb.

Zur Gewährleistung einer hohen Effizienz des Injektorsystems können mehr als eine Injektorvorrichtung an dem Schmelzaggregat installiert werden (vorzugsweise zwei bis vier). Der Betrieb der installierten Injektorvorrichtungen wird dann durch ein übergeordnetes System koordiniert und überwacht.

Weitere Vorzüge, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend anhand von in schematischen Zeichnungsfiguren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Injektorvorrichtung (Grundversion),

Fig. 2 einen Schnitt durch die Injektorvorrichtung gemäß Fig. 1 mit einem Additivinjektor,

Fig. 3 Verfahrensflißbild der Injektorvorrichtung,

Fig. 4 MSR-Schema (Verfahrensflißbild) der Injektorvorrichtung.

In Figur 1 ist in einer geschnittenen schematischen Darstellung eine Injektorvorrichtung 1 der Erfindung abgebildet, die im dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen aus einem gewinkelten Heißgasstutzen 2 besteht, in den seitlich ein Sauerstoffinjektor 10 eingeführt ist. Die Einführung des Sauerstoffinjektors 10 erfolgt hierbei vorzugsweise so, dass die Längsachse des horizontalen Teils der Injektorvorrichtung 1 mit der Längsachse des Sauerstoffinjektors 10 zusammen fällt. An seinem vorderen Ende - in der Zeichnungsfigur rechts - ist der lichte Durchmesser des Heißgasstutzens 2 durch eine schräg nach innen verlaufende Verdickung 7 (Konfusor) so weit eingeeengt, dass der Heißgasstutzen 2 mit dem Sauerstoffinjektor 10 in diesem Bereich eine konzentrische Ringspaltdüse 4 oder eine ähnliche konstruktive Lösung mit vergleichbarer Wirkung (im folgenden vereinfachend als Ringspaltdüse bezeichnet) ausbildet.

Der in den Heißgasstutzen 2 eingeführte Sauerstoffinjektor 10 besteht aus einem länglichen Rohr bzw. der Injektorinnenwand 11, umgeben von einer keramischen Schutzschicht 12 und mit einer im vorderen Bereich ausgebildeten LAVAL-Düse 13. Durch diese LAVAL-Düse 13 wird das sauerstoffreiche Gas 6 in Pfeilrichtung geführt, dabei beschleunigt und tritt als zentraler Gasstrahl 6' aus der Austrittsöffnung 14 in Pfeilrichtung aus. In diesem Austrittsbereich wird das sauerstoffreiche Gas 6' von dem in gleicher Richtung strömenden und in der Ringspalt Düse 4 beschleunigten Heißgas 5' ummantelt. Zur Fokussierung der Gasstrahlen 5', 6' ist dieser Austrittsbereich durch eine Heißgashülse 3 verlängert, deren Innendurchmesser dem kleinsten Außendurchmesser der Ringspalt Düse 4 entspricht.

Dieser Sauerstoffinjektor 10 ist axial verschiebbar ausgebildet, wobei seine Austrittsebene 5 in jeder beliebigen Position zwischen den Ebenen E3 und E4 des Heißgasstutzens 2 positionierbar ist.

Figur 2 zeigt eine Injektorvorrichtung 1, die gegenüber der Injektorvorrichtung 1 der Fig. 1 durch einen zusätzlichen Additivinjektor 15 sowie eine Wassereindüsung 18 erweitert wurde. Gleiche Bauteile wurden zur besseren Übersicht mit den gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet. Die Wassereindüsung 18 befindet sich im Eintrittsbereich der Injektorvorrichtung 1 im Heißgasstutzen 2 und ist so angeordnet, dass das Wasser 19 entgegen der Strömungsrichtung des Heißgases 5 in diesem Bereich eingedüst werden kann. Der Sauerstoffinjektor 10 ist nun nicht mehr mit einer keramischen Schutzschicht, wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 umgeben, sondern wird hier durch ein keramisches Schutzrohr 17 gehalten. Der Additivinjektor 15 besteht im Wesentlichen aus einem längeren Rohr mit einer vorderen Brennstoffdüse 16 und ist soweit in den Sauerstoffinjektor 10 eingeschoben, dass die Öffnung der Düse 16 sich noch vor der LAVAL-Düse 13 des Sauerstoffinjektors 10 befindet. Auf diese Weise werden die kohlenstoffhaltigen Stoffe

8, 8' und das sauerstoffreiche Gas 6 gemeinsam als Zentralstrahl 9 aus der Austrittsöffnung 14 ausgetragen.

Figur 3 zeigt die prinzipielle Zuführung der zum Betrieb der Injektorvorrichtung 1 erforderlichen Medien sowie eine typische Verschaltung der Injektorvorrichtung 1. Das Heißgas 5 wird extern in einem separaten Heißgaserzeuger 20 aus einem Brennstoffstrom 8 und einem Oxidatorstrom 6 erzeugt. Der Heißgaserzeuger 20 wird vorteilhaft direkt mit der Injektorvorrichtung verbunden bzw. ist wesentlicher Bestandteil derselben. Im dargestellten Beispiel wird als Oxidator Luft 23 verwendet. Die Luft 23 kann über ein separates Gebläse 21 bereitgestellt oder aus einem Druckluftnetz 22 entnommen werden. Die Luft 23 wird vor der Zuführung zum Heißgaserzeuger 20 zunächst zur Kühlung des Außenwände der Injektorvorrichtung 1 verwendet. Sie wird hierdurch auf Temperaturen von 50 bis 600 °C vorgewärmt. Diese Vorwärmung wirkt sich positiv auf den Brennstoffeinsatz im Heißgaserzeuger 20 aus. Der Heißgaserzeuger 20 bleibt ununterbrochen in Betrieb. Gleiches gilt für das Kühlsystem. Durch Betätigung der Absperrarmaturen 25, 26, 27 wird die Versorgung der jeweiligen Medienströme gestartet bzw. unterbrochen. Die Regulierung der Volumenströme erfolgt mit Hilfe der Regelarmaturen 28, 29, 30. Ist die Sauerstoffinjektion in Betrieb, ist das Mehrwegeventil 31 so geschlossen, dass die Luftzufuhr zum Sauerstoffinjektor unterbrochen ist. Ist aus prozesstechnischen Gründen keine Sauerstoffinjektion erforderlich, wird das Mehrwegeventil 31 so geschlossen, dass die Sauerstoffzufuhr zum Sauerstoffinjektor 10 unterbrochen wird. In diesem Fall wird der Sauerstoffinjektor 10 mit Luft 23 beaufschlagt.

Figur 4 zeigt das MSR-Schema (Verfahrensfließbild) für die Injektorvorrichtung 1. Für den ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb der Injektorvorrichtung 1 müssen die Positionen der Absperrarmaturen 25, 26, 27 überwacht und kontrolliert verändert werden. Das Auftreten unzulässiger oder gefährlicher Betriebszustände wird durch entsprechende Verriegelungen/Verblockungen vermieden. Die Zentral-

Automatisierungseinheit R kommuniziert mit dem übergeordneten PLS (Prozess-Leit-System) des metallurgischen Aggregates und leitet je nach Betriebsweise die erforderlichen Befehle an die untergeordneten Einheiten sowie die R1 und R2 weiter. Die Automatisierungseinheit R1 ist für die Regelung der Heißgastemperatur, der Heißgaserzeuger-Leistung und der Luftzahl zuständig. Die hierfür erforderlichen Prozessgrößen werden durch entsprechende Sensoren kontinuierlich erfasst und an den Rechner übermittelt. Die Automatisierungseinheit R2 dient der Regelung des Sauerstoffvolumenstromes.

Die Regelung des Betriebs des Additivinjektors 15 erfolgt durch eine weitere Automatisierungseinheit (z. B. für Massenstrom, Vordruck). Diese beispielsweise mit R3 zu bezeichnende Automatisierungseinheit ist in Fig. 4 schematisch dargestellt.

Erfindungsgemäß können mehrere, vorzugsweise zwei bis vier Injektorvorrichtungen 1 an einem metallurgischen Aggregat angeordnet sein. Zur gemeinsamen Regelung dieser Injektorvorrichtungen I erfolgt dann ein Datenaustausch zwischen der Automatisierungseinheit R und dem übergeordneten PLS.

Bezugszeichenliste

1	Injektorvorrichtung
2	Heißgasstutzen
3	Heißgashülse
4	Ringspaltdüse
5, 5'	Heißgas
6, 6'	sauerstoffreiches Gas
7	Verdickung
8	Brennstoff
9	Zentralstrahl
10	Sauerstoffinjektor
11	Injektorinnenwand
12	keramische Schutzschicht
13	LAVAL-Düse
14	Austrittsöffnung
15	Additivinjektor
16	Austrittsöffnung
17	keramisches Schutzrohr
18	Wassereindüsung
19	Wasser
20	Heißgaserzeuger
21	Gebläse
22	Druckluftnetz
23	Luft
25, 26, 27	Absperrarmaturen
28, 29, 30	Regelarmaturen
31	Mehrwegeventil

I	weitere Injektorvorrichtungen 1
PLS	Prozessleitsystem
R	Zentral-Automatisierungseinheit
R1	Automatisierungseinheit
R2	Automatisierungseinheit
R3	Automatisierungseinheit

Ansprüche

1. Verfahren zur pyrometallurgischen Behandlung von Metallen, Metallschmelzen und/oder Schlacken in einem metallurgischen Aggregat bzw. Schmelzgefäß, insbesondere zum Auf-/Einblasen von sauerstoffreichen Gasen in einem Elektrolichtbogenofen mit Hilfe einer Injektorvorrichtung (1), die die sauerstoffhaltigen Gase (6) auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und aus der dieser Hochgeschwindigkeitsstrahl (6'), durch einen ihn vollständig umhüllenden gasförmigen Mantel (5') geschützt, zur pyrometallurgischen Behandlung verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der gasförmige Mantel ein Heißgas (5) ist, das dem zentralen Hochgeschwindigkeitsstrahl (6') so zugeführt wird, dass die Relativgeschwindigkeit und der Impulsaustausch zwischen dem zentralen Hochgeschwindigkeitsstrahl (6') und dem Heißgasmantelstrahl (5') minimiert wird (quasi isokinetische Zuführung).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das sauerstoffreiche Gas (6) in einem Düsensystem (vorzugsweise LAVAL-Form) auf eine Geschwindigkeit von 300 bis 850 m/s und das Heißgas (5) mittels einer Ringspalt-Düse (4) auf eine annähernd gleich hohe Geschwindigkeit beschleunigt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sauerstoffgehalt der sauerstoffhaltigen Gase (6) 10 bis 100 Vol.-%, vorzugsweise > 95 Vol.-% beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem zentralen Sauerstoffstrahl (6) fallweise partikelförmige Feststoffe und/oder fluide Stoffe (8) zugeführt werden, wobei die Zuführung dieser Substanzen mittels eines koaxial innerhalb des Sauerstoffinjektors (10) angeordneten Additivinjektors (15)

zentral, richtungsgleich und vor Abschluss des Beschleunigungsvorganges des Sauerstoffstrahles (6) erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die partikelförmigen Feststoffe (8) Kohlenstoff (z. B. Kohlen- oder Koksstaub), Alkali- und/oder Erdalkalimetalle (z. B. Kalkstein, Branntkalk oder Dolomit) und die fluiden Stoffe (8') Kohlenstoff (z. B. Erdgas, Koksgas, Konvertergas, Heizöl) jeweils in hoher Konzentration (> 30 Gew.-%) enthalten.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Heißgas (5) bei seinem Eintritt in die Injektorvorrichtung (1) eine Temperatur von 300 bis 1.800 °C aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Heißgas (5) durch externe Reaktion eines Brennstoffs (8, 8') mit einem Oxidator und/oder durch Rezirkulation heißer Gase aus dem metallurgischen Aggregat bereitgestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erzeugung des Heißgases vorgewärmter Oxidator mit einem Sauerstoffgehalt von 10 bis 100 Vol.-%, vorzugsweise 21 Vol.-% verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorwärmung des Oxidators in das Kühlsystem der Injektorvorrichtung (1) integriert und/oder wesentlicher Bestandteil desselben ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der Heißgastemperatur am Eintritt in die Injektorvorrichtung (1) über eine Leistungsregelung des Heißgaserzeugers (20) und/oder über die Zudosierung von flüssigem Wasser (19) zum Heißgas vor dessen Beschleunigung erfolgt.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sauerstoffinjektor (10) wechselweise mit technischem Sauerstoff und Luft betrieben wird, wobei die Umschaltung von der Sauerstoffeinspeisung auf die Lufteinspeisung und wieder zurück über ein Mehrwegeventil (31) erfolgt und zur Luftversorgung die Oxidatorquelle oder eine andere Quelle, beispielsweise ein Druckluftnetz (22) oder ein Gebläse (21) genutzt werden.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung des Betriebes des Heißgaserzeugers (20), z. B. λ -Regelung der Verbrennung, Regelung der Heißgastemperatur, Regelung der Kühlluftaustrittstemperatur etc. durch die Automatisierungseinheit (R1) erfolgt.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung des Betriebes des Sauerstoffinjektors (10), z. B. Volumenstrom, Vordruck etc. durch die Automatisierungseinheit (R2) erfolgt.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung des Betriebes des Additivinjektors (15), z. B. Massenstrom, Vordruck etc. durch eine weitere Automatisierungseinheit (R3) erfolgt.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem metallurgischen Aggregat mehr als eine Injektorvorrichtung (1), vorzugsweise zwei bis vier, installiert werden.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koordination des Betriebes der Automatisierungseinheiten (R1, R2, R3, I) durch eine übergeordnete Zentral-Automatisierungseinheit (R)

erfolgt, die im Datenaustausch mit dem Prozessleitsystem (PLS) des metallurgischen Aggregates steht oder autark ist, wobei ein Datenaustausch mit den entsprechenden Automatisierungseinheiten eitere Injektorvorrichtungen (1) erfolgt.

17. Injektorvorrichtung (1) zur pyrometallurgischen Behandlung von Metallen, Metallschmelzen und/oder Schlacken in einem metallurgischen Aggregat bzw. Schmelzgefäß, insbesondere zum Auf-/Einblasen von sauerstoffreichen Gasen (6) und/oder kohlenstoffhaltigen Stoffen (8) in einem Elektrolichtbogenofen, wobei die Injektorvorrichtung (1) die sauerstoffreichen Gase (6) auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und in dem fallweise den sauerstoffreichen Gasen (6') die kohlenstoffhaltigen Stoffe (8), vorzugsweise Partikel zugemischt werden und aus dem der Hochgeschwindigkeitsstrahl, durch einen umgebenden gasförmigen Mantel geschützt, zur pyrometallurgischen Behandlung verwendet wird, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen modularen Aufbau der einzelnen Baugruppen, bestehend aus einem Sauerstoffinjektor (10) mit Injektorinnenwand (11) und LAVAL-Düse (13) für die Beschleunigung der sauerstoffreichen Gase (6), umgeben von einem Heißgasstutzen (2), in dessen Austrittsbereich eine Ringspalt-düse (4) oder eine ähnliche konstruktive Lösung mit vergleichbarer Wirkung für den Durchtritt und die Beschleunigung des Heißgases (5) angeordnet ist.

18. Injektorvorrichtung (1) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sauerstoffinjektor (10) axial verschiebbar ist, wobei die Austrittsebene (S) des Sauerstoffinjektors (10) hierfür in jeder Position zwischen den Ebenen (E3) und (E4) positionierbar ist.

19. Injektorvorrichtung (1) nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Austrittsbereiche der Gase durch eine gemeinsame Heißgashülse (3) verlängert sind.

20. Injektorvorrichtung (1) nach Anspruch 17, 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Eintrittsbereich des Heißgasstutzens (2) eine Wassereindüsung (18) angeordnet ist.

21. Injektorvorrichtung (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb des zentralen Sauerstoffinjektors (10) ein Additivinjektor (15) in Form eines zusätzlichen coaxialen Rohres mit einer Austrittsöffnung (16) angeordnet, die als Mündung oder Düse ausgebildet ist.

22. Injektorvorrichtung (1) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Austrittsöffnung (16) des Additivinjektors (15) aus einem verschleißfesten Material und auswechselbar ausgebildet ist.

23. Injektorvorrichtung (1) nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Additivinjektor (15) axial verschiebbar ausgebildet und mit seiner Austrittsebene (B) zwischen den Ebenen (E1) und (E2) positionierbar ist.

24. Injektorvorrichtung (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Baugruppen der Injektorvorrichtung (1) auf einem fest in der Wand des metallurgischen Aggregats angeordneten gemeinsamen Baugruppenträger montiert sind.

Zusammenfassung

Bei der metallurgischen Behandlung von Metallen, Metallschmelzen und/oder Schlacken in einem metallurgischen Aggregat bzw. Schmelzgefäß, insbesondere in Elektrolichtbogenöfen werden zum Ein- und Aufblasen von sauerstoffreichen Gasen (6) und/oder kohlenstoffhaltigen Stoffen Injektionsvorrichtungen (1) verwendet, die einen möglichst langen und mit hoher Pulsenergie ausgestatteten Gasstrahl (6') auf die Schlacken- oder Metalloberfläche auftreffen lassen. Hierbei ist es bekannt, den erzeugten Gasstrahl (6') zu ummanteln und ihn dadurch zu fokussieren. Gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, diese Ummantelung mit Hilfe eines Heißgases (5, 5') durchzuführen, das vorher so beschleunigt wurde, dass die Ummantelung des zentralen Gasstrahls (6') möglichst ohne Impulsverlust erfolgt. (Zeichnung: Fig. 1)

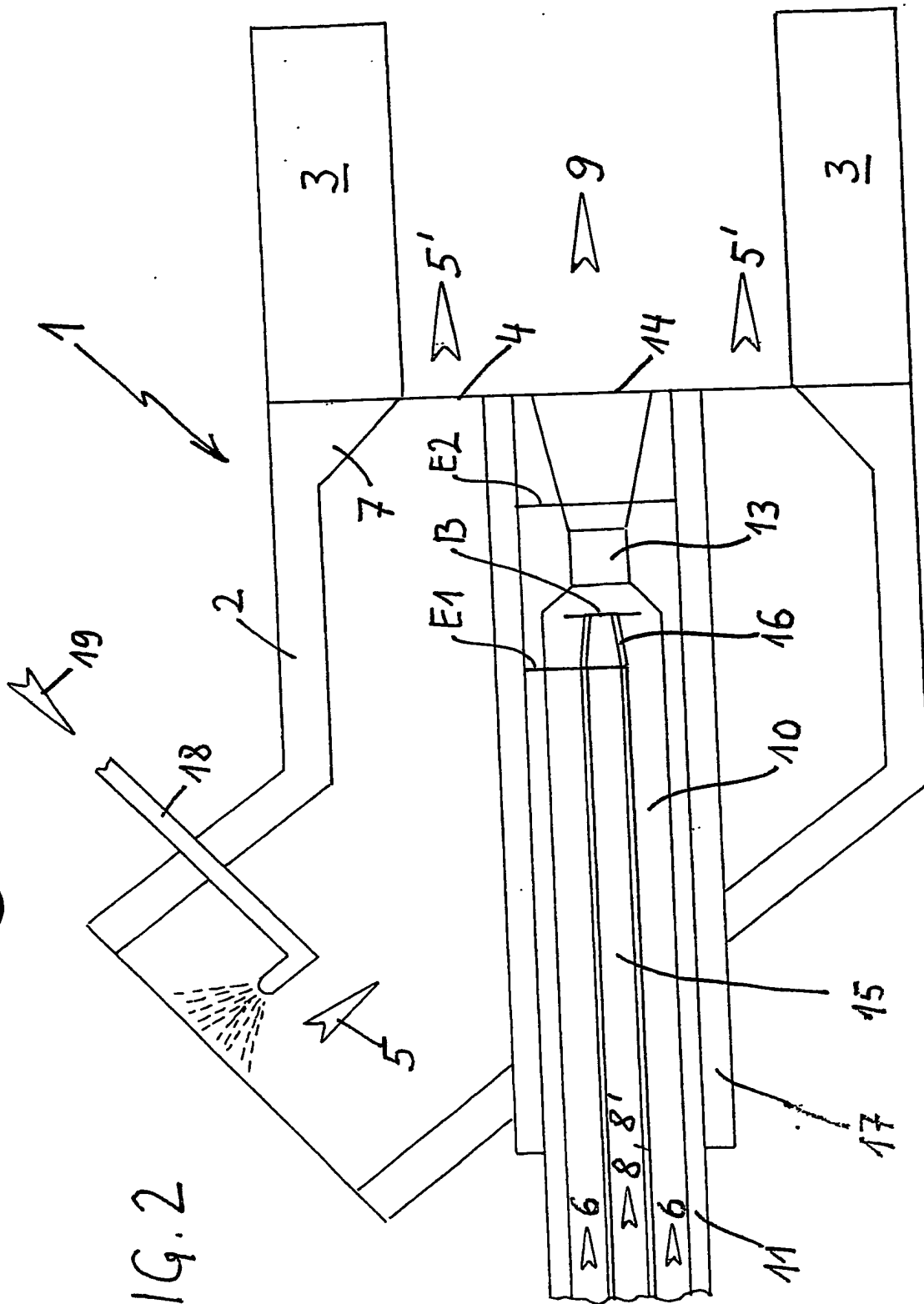


FIG. 2

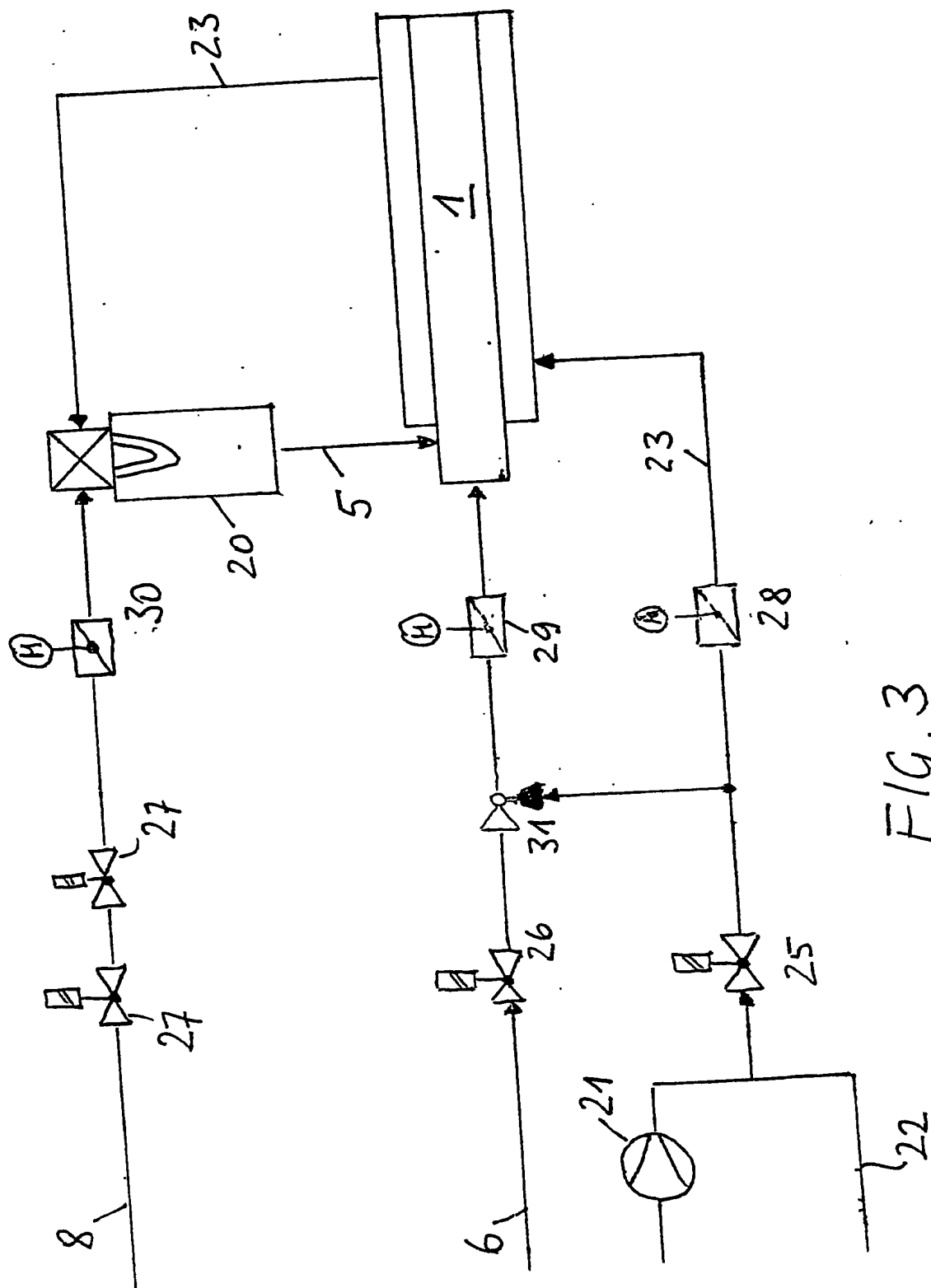


FIG. 3

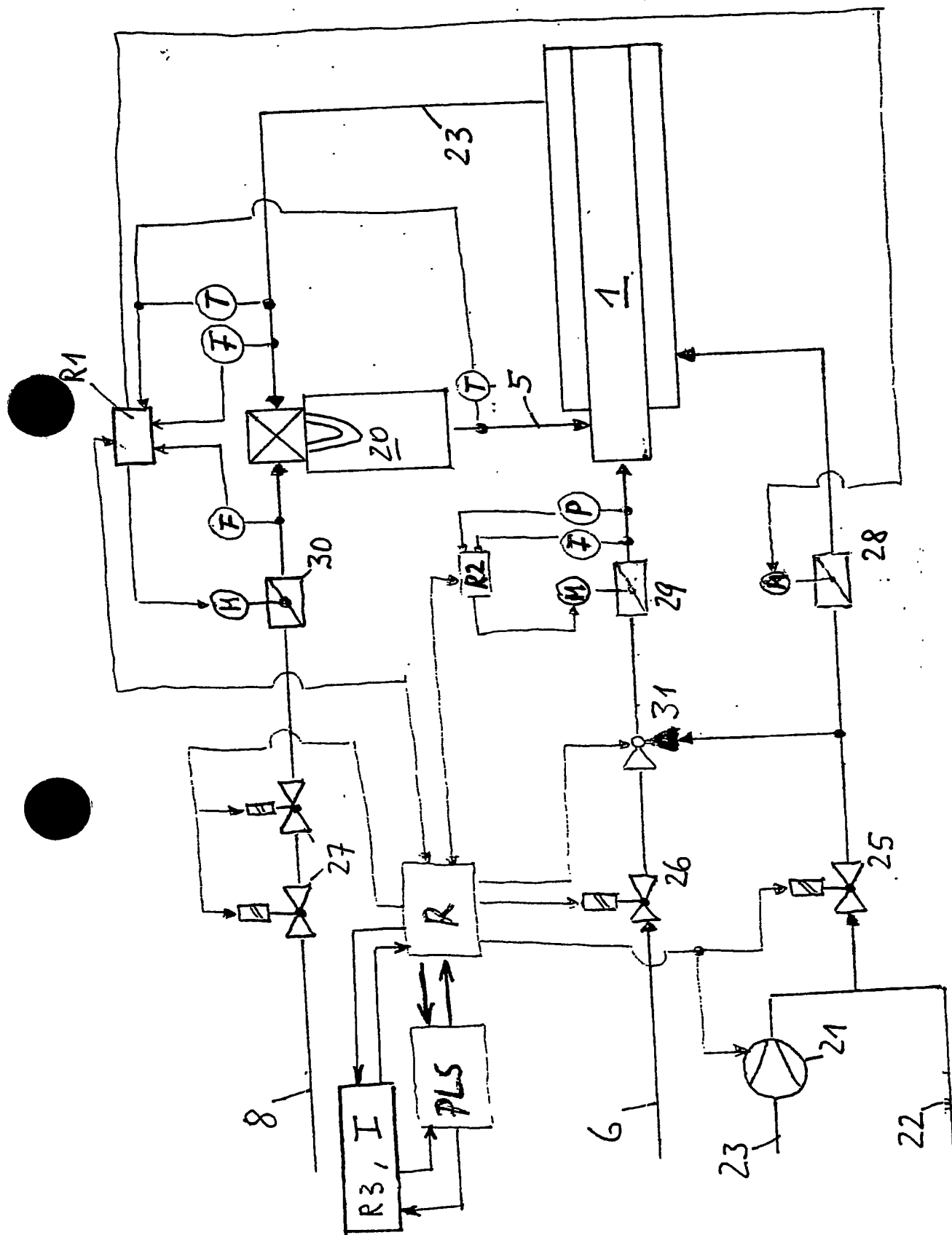


FIG. 4